

VIGILADA MINEDUCACIÓN



Universidad de  
**La Sabana**

ESCUELA INTERNACIONAL DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE  
ECONOMISTA CON ÉNFASIS EN FINANZAS INTERNACIONALES

### **Informe Auxiliar de Investigación**

## **Implementación de la economía circular en el sector industrial ubicado en la Provincia de Sabana Centro y sus alrededores**

Directora: Luz Elba Torres Guevara

Presentado por: Tania Quetzabelly Ortega Lagos

Chía, Mayo de 2019

## Tabla de Contenido

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1</b>	<b>OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2</b>	<b>OBJETIVOS DEL AUXILIAR DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>7</b>
<b>5.1</b>	<b>ESTUDIOS SOBRE ECONOMÍA CIRCULAR DE ACUERDO CON SUS CAMPOS DE ACCIÓN .....</b>	<b>7</b>
5.1.1	<i>Extraer.....</i>	7
5.1.2	<i>Transformar .....</i>	8
5.1.3	<i>Distribuir.....</i>	10
5.1.4	<i>Usar.....</i>	12
5.1.5	<i>Recuperar.....</i>	13
<b>5.2</b>	<b>ESTUDIOS SOBRE ECONOMÍA CIRCULAR EN LATINOAMÉRICA .....</b>	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>ANÁLISIS DESCRIPTIVO .....</b>	<b>15</b>
<b>6.1</b>	<b>BASE DE DATOS.....</b>	<b>18</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>18</b>
<b>8</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>19</b>

# 1 INTRODUCCIÓN

Cada vez es mas difícil ignorar el gran interés hacia el cuidado y mantenimiento del medio ambiente, estimulado por las perspectivas negativas de sostenibilidad, el modelo global de industrialización que ha llevado a una situación de escases de recursos naturales y aumento de la contaminación ambiental. En 2018 el Banco Mundial proyectó que “Los desechos a nivel mundial crecerán un 70 % para 2050” previendo que en los próximos 30 años el volumen de desechos aumentara de 2.010 millones de toneladas (2016) a 3.400 millones, consecuencia de la deficiente gestión de los residuos (Banco Mundial, 2018).

El modelo actual de producción y consumo, de productos y servicios es conocido como Economía Lineal (EL), desarrollada sin visión de futuro y sin conciencia sobre el reciclaje y renovación, tomando recursos naturales, transformándolos y finalmente desechándolos (Gulseven & Mostert, 2017). Este modelo no es sostenible en el largo plazo, ya que al no garantizar que las materias primas utilizadas cumplan una función continua y sean reutilizadas en nuevos procesos, amplia el volumen de materiales desechados que podrían ser regenerados (Ellen MacArthur Foundation, 2011).

Sin embargo, en los últimos años se han desarrollado nuevas estrategias de gestión de residuos y procesos productivos que buscan minimizar el impacto ambiental y optimizar el crecimiento económico eficiente. (Su, Heshmati, Geng, & Yu, 2013). Es decir, cambiar hacia un sistema que involucre empresas, ciudades, gobiernos, consumidores y trabajadores, dentro de la reinvención de los proceso productivos y el mantenimiento de productos y materiales con viabilidad de reincorporación (Moktadir, Rahman, Rahman, Ali, & Paul, 2018), con el objetivo de crear una relación circular entre la economía, el medio ambiente y lograr un *desarrollo sostenible*<sup>1</sup>.

Este desarrollo abarca dos problemas: en primer lugar, satisfacer las necesidades de los pobres a través de la distribución equitativa de recursos; y en segundo lugar, el limitante de crecimiento económico, producto de la escases de recursos para satisfacer las necesidades de la población futura

Para dar solución, se tuvo que crear un modelo que relacione la industria y el medio ambiente, teniendo en cuenta las dimensiones económica, social y ambiental; a través de la búsqueda de nuevas practicas sostenibles que logren equilibrar las preocupaciones empresariales (de financiamiento) y las humanas (ambientales y de consumo).

---

<sup>1</sup> El termino desarrollo sostenible se definió por primera vez como “un desarrollo que satisface las necesidades y aspiraciones de la generación actual sin destruir los recursos necesarios para que las generaciones futuras puedan satisfacer sus necesidades”(Asamblea General de las Naciones Unidas, s/f)

En consecuencia, la Economía Circular fue desarrollada como alternativa a la economía tradicional (lineal), la cual incorpora los principios 3R (reducir, reutilizar y reciclar). *Reducir* la cantidad de materiales utilizados y consumidos; *reutilizar* los componentes de cada producto final, bien sea propios o de otra industria/empresa; y *reciclar* (Su et al., 2013) para disminuir la cantidad de desechos posiblemente útiles. La adopción de esta nueva forma de economía verde, da paso al nuevo mundo de la competitiva económica, social y ambiental; al incrementar la eficiencia productiva, mediante la construcción de nuevos objetos con materiales reciclados que cuenten con las mismas o mejores características de funcionalidad y calidad que los anteriores.

Actualmente, un facilitador de la EC que surge como estrategia de la ecología industrial (EI), es la Simbiosis industrial (IS). Esta “involucra a entidades tradicionalmente separadas en un enfoque colectivo de la ventaja competitiva que implica el intercambio físico de materiales, energía, agua y subproductos” (Chertow, 2000, p. 2); es decir, logra un beneficio colectivo a través de la colaboración y proximidad geográfica de las empresas pertenecientes a los *parques eco-industriales*<sup>2</sup>. Este sistema surge con el fin de reducir la necesidad de materia virgen y reemplazarla por residuos de otras entidades, cerrando el ciclo productivo y cumpliendo con el impacto ambiental.

Durante los últimos años se han visto avances cada vez mas rápidos en lo que se refiere a Economía Circular, así mismo, nuevos conceptos y herramientas son desarrolladas como respuesta a la creciente necesidad a nivel macro, meso y micro de cambiar nuestro modelo lineal por uno que renueve y cierre el bucle de nuestra economía. Sin embargo, como se analizará a continuación, la literatura revela que los esfuerzos en cuanto a implementación en las pequeñas y medianas empresas (pymes) son mínimos y mas aun en países emergentes.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general del proyecto

Aplicar la metodología para la "Implementación de la Economía Circular", desarrollada por el grupo de investigación "Mejora Sostenible" de la Universidad de Navarra, en algunas empresas del sector industrial ubicadas en la Provincia de Sabana Centro y sus alrededores.

---

<sup>2</sup> Un parque eco-industrial se define como “un área destinada al uso industrial en un sitio adecuado que garantice la sostenibilidad a través de la integración de aspectos sociales, económicos y de calidad ambiental, en su ubicación, planificación, operaciones, gestión y desmantelamiento” (United Nations Industrial Development Organization, 2017)

## 2.2 Objetivos del auxiliar de investigación

- Hacer una revisión sistemática de literatura de los estudios realizados sobre Economía Circular en las Pymes de países emergentes, especialmente de Colombia y Sabana Centro.
- Clasificar y sintetizar los artículos científicos de acuerdo a su área de implementación: Transformar, Distribuir, Usar, Recuperar y/o Extraer

## 3 JUSTIFICACIÓN

El presente estudio se enfocará en la revisión sistemática de literatura. Este diseño de observación, esquematiza los resultados de varias investigaciones y es vital para una sustentación teórica y empírica del proyecto, ya que permite identificar los puntos de vista de diversos autores sobre el mismo tema. Este análisis se enfocará en los casos de estudio de Economía circular en las pymes de países emergentes, de tal forma que sea relevante brindando robustez en medio del contexto colombiano de las empresas de Sabana Centro.

Adicionalmente, este estudio dará paso hacia nuevos modelos de producción que integren practicas eco-amigables, las cuales generan ventajas y beneficios tanto a la comunidad como a las empresas. Algunos de los beneficios de la implementación de modelos productivos que integren practicas ecológicas se encuentran: (1) el crecimiento económico, producto de la reducción de costos de producción; (2) la creación de valor, resultado del impulso hacia la creación de nuevas alternativas sostenibles e innovadoras; y (3) la innovación que surge a partir de la necesidad de crear nuevos modelos de producción que sustituyan el modelo lineal por un modelo de economía circular, que reintegren y disminuyan la cantidad de residuos generados en los procesos productivos. Cada uno de los beneficios están encaminados en impulsar a las industrias de Sabana Centro a desarrollar e implementar nuevas practicas que contribuyan con la sostenibilidad de la zona.

Finalmente, con el análisis e identificación de cada caso de estudio, de acuerdo al campo de implementación, se pretende exponer y facilitar la búsqueda de información valiosa para futuros investigadores interesados en llevar a cabo proyectos empíricos o teóricos relacionados con la EC, especialmente en Colombia y otros países emergentes.

## 4 METODOLOGÍA

Para este estudio se realizó una revisión de literatura el 9 de febrero inicialmente en la base de datos **Web of Science**, utilizando las palabras “*Circular Economy*” en el tema o titulo, “*Small and medium- sized enterprise\**” o “*Small and midsize business*” o por sus siglas “*SME*” o “*SMB*”

o “*Pyme\**” en el tema o título. Para esta ruta de búsqueda se obtuvieron 33 artículos. Teniendo en cuenta que la investigación del proyecto esta enfocada en la implementación en Sabana Centro, agregamos a la búsqueda las palabras “*Developing countr\**” o “*Low and middle income countr\**” o “*Unverdeveloped countr\**” en el tema o título. De esta nueva búsqueda se encontró 1 artículo, aquí podemos evidenciar la falta de información que hay en cuanto a países desarrollados y pymes en países emergentes.

Al terminar con la búsqueda en Web of Science, se utilizó el mismo camino inicial en **Scopus**, comenzando con “*Economía circular*” para lo cual se encontraron 15 artículos. Procedemos a agregar los parámetros de pymes (“*pyme\**” o “*pequeña\* y mediana\* empresa\**”), arrojando 0 resultados, esto evidencia la falta de investigaciones especializadas en pequeñas empresas.

Así mismo, se procedió a consultar en inglés “*Circular Economy*” se encontraron 3387 artículos, para filtrar la búsqueda se agregaron los parámetros “*Small and médium- sized Enterprise\**” o “*Small and midsize business*” o “*SME\**” o “*SMB\**” o “*Pyme\**”; aquí se encontraron 59 artículos que al depurar con los parámetros que hacen alusión a países en desarrollo, los resultados no difieren de los encontrados en Web of Science, ya que solo se encontraron 2 artículos de los cuales ninguno estaba relacionado con estudios empíricos de EC. Al cotejar los 33 obtenidos de Web of Science con los 59 resultados de Scopus. Reducimos la lista, ya que 20 artículos aparecen en las dos bases de datos. Se analizaron los artículos restantes y se descartaron aquellos que no trabajaban sobre un caso de estudio aplicado a alguna empresa.

Consecutivamente, para ampliar la búsqueda se procedió a consultar en Google Scholar “*Circular economy*” y “*SME\**” o “*Small and medium sized enterprise\**”; obteniendo 2290, los artículos se organizaron y escogieron por relevancia y relación con el tema investigado. Como el objetivo de este ensayo es hallar las posibles oportunidades de implementación de EC en las pymes, reducimos la búsqueda a “*Circular economy*” y “*small and medium- sized enterprise\**” o “*small and midsize business*” o “*SME\**” o “*SMB\**” o “*PyME\**”, y “*Case study*” o “*Study case*” o “*Case studies*”, la búsqueda se redujo a 1430. De estos, se analizaron los primeros 160 artículos organizados por relevancia, posteriormente fueron escogidos aquellos cuyos casos de estudios se centraran especialmente en cada campo de implementación de la EC.

Finalmente, se analizaron y escogieron 100 artículos relacionados con los parámetros antes mencionados; sin embargo, se descartaron artículos por no ser caso de estudio de empresas, por no ser artículos científicos y/o por no estar disponibles al público, resultando en un total de 22 publicaciones a examinar.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Estudios sobre Economía Circular de acuerdo con sus campos de acción

#### 5.1.1 Extraer

El primer campo de acción de la EC (Economía circular) se encuentra la extracción. Esta hace referencia al proceso mediante el cual las empresas obtienen recursos de la naturaleza para construir bienes de consumo (Prieto-Sandoval, Jaca, & Ormazabal, 2017). Actualmente, estas practicas no se están desarrollando de forma eficiente y eco amigable, lo cual ha llevado a la contaminación del agua y el aire, y de los cambios del suelo y de la flora y la fauna. Por esto, es vital que las industrias incluyan como primer elemento en su proceso productivo, una extracción menos invasiva y dañina con el medio ambiente.

Es por esto que según Heshmati (2017), el primer elemento clave para dar paso a un nuevo modelo de economía son las políticas que se han venido estableciendo son vitales como respuesta a las adversas condiciones climáticas y de decadencia ambiental, producto de la creciente producción y uso del modelo lineal. En cuanto a la extracción, Alemania fue de los primeros países en aplicar la EC en 1996, incursionando en la Economía Circular a través de la instauración de la ley de "Ciclo de Sustancias Cerradas y Ley de Gestión de Residuos" la cual busca regenerar el medio ambiente mediante el reciclaje y la disminución de la cantidad de materias primas explotadas.

Asimismo, el gobierno de China considera de gran importancia y urgencia la implementación de nuevas estrategias para detener el deterioro ambiental de China, ya que de acuerdo con la Asociación de Información de Energía (EIA, por sus siglas en ingles) “la participación de China en la emisión de dióxido de carbono en el mundo aumentó del 10,6% en 1990 al 21,1% en 2007” (Su et al., 2013, p. 3). En cuanto al cambio de extracción, el gobierno de China implementó políticas, pretendiendo aliviar el impacto negativo al ambiente, mediante la reducción de la explotación de recursos naturales. Entre las políticas, se encuentra una ley que pretende incentivar el uso eficiente de los recursos a lo largo de la cadena de producción, ya que esta obliga a las grandes empresas contaminadoras (en especial eléctricas y electrónicas) a reducir las externalidades e implementar procesos eco-innovadores, ya que carecen de diseños no ecológicos. Estas leyes de protección ambiental, que buscan disminuir principalmente la explotación de recursos no renovables, se conocen como leyes de *barreras verdes* (Su et al., 2013).

Por otro lado, el segundo elemento para disminuir la cantidad de materiales extraídos, se encuentra la construcción de parques eco-industriales cuyo desarrollo se basa en la simbiosis industrial, para que se reúna un conglomerado de empresas geográficamente cercanas y así aprovechar el intercambio de insumos y servicios, y a su vez reducir la necesidad de explotar material virgen.

Como evidencia empírica, Geng, Zhu, Doberstein, & Fujita (2009) estudiaron la ciudad Dalian, en donde se han venido implementando técnicas exitosas de economía circular. Actualmente es una ciudad pionera en EC, debido a que es un gran área comercial e industrial, por esto es de vital importancia analizar los retos, soluciones y posibles mejoras del modelo de EC que se aplica. Teniendo en cuenta que esta ciudad debe su gran capacidad de producción al crecimiento acelerado de la industria, entre las principales preocupaciones ambientales se encuentran el agotamiento y deterioro de la calidad hídrica, producto de la creciente demanda de materiales.

Para solucionar este inconveniente, el gobierno de Dalian desarrolló un plan para incentivar la EC centrándose en la renovación y conservación de los recursos naturales. De esta manera, fueron creados programas para incentivar la recolección de aguas lluvias que fueron tratadas y usadas para el riego de cultivos y jardines, con el fin de disminuir la extracción de mas recursos hídricos (especialmente de los residentes). Por ultimo, el gobierno de Dalian estableció cuotas monetarias a pagar en caso de que un residente exceda la cantidad máxima de agua a utilizar mensualmente.

### **5.1.2 Transformar**

El segundo campo de implementación de la EC, es la transformación. Esta hace referencia a las practicas que modifican o alteran las materias primas, con el fin de obtener un producto o servicio. Es vital que en este punto del flujo cíclico, se desarrollen practicas eco-innovadoras para la obtención de los productos de manera sostenible (Prieto-Sandoval et al., 2017).

Como se mencionó en el punto anterior, el gobierno de China ha desarrollado nuevas propuestas que buscan incentivar el uso eficiente de los recursos a lo largo de la cadena de producción; principalmente porque este establecimiento obliga a las grandes empresas contaminadoras (en especial eléctricas y electrónicas) a reducir las externalidades e implementar procesos eco-innovadores, ya que carecen de diseños no ecológicos.

Entre estas propuestas se encuentra la creación de nuevos parques industriales ecológicos, que surgen como incentivo de la simbiosis industrial (SI), la cual según Chertow (2000) “involucra a industrias tradicionalmente separadas en un enfoque colectivo de la ventaja competitiva que implica el intercambio físico de materiales, energía, agua y / o subproductos” (2000, p. 313), ya que mediante la reciprocidad y proximidad geográfica de las empresas se puede llegar a mejorar la deficiencia ecológica que estas presentan y llegar a desarrollar nuevos procesos de transformación. Como ejemplo de parque industrial, se encontró la implementación a nivel meso del “Programa Piloto Nacional de Parques Eco-industriales” (Heshmati, 2017, p. 8) en China, el cual busca aplicar la SI mediante la colaboración entre organizaciones gubernamentales y privadas.



Este programa piloto, regulado por el Ministerio de Protección del Medio Ambiente (MEP) y la Comisión Nacional de Desarrollo y Reforma (CNDR), permitió la aplicación efectiva de diversas leyes<sup>3</sup>, cuyo propósito era cambiar las actitudes de las empresas que van en contra del medio ambiente, mediante incentivos e inversiones (del gobierno) en procesos eco-innovadores y posteriormente la difusión de información para generar conciencia ambiental (Heshmati, 2017).

Un caso de estudio, realizado en la ciudad de Dalian permitió identificar cómo las leyes y técnicas ecológicas adoptadas servirían como antecedente para desarrollar nuevos procesos que disminuyeran el impacto hídrico, terrestre y energético. En el estudio realizado por Geng, Zhu, Doberstein, & Fujita (2009), se concluyó que las leyes establecidas no eran suficiente incentivo para desarrollar técnicas de producción eco-amigables, ya que hay desconocimiento y poca participación por parte de los residentes de Dalian en la EC y poco respaldo financiero, incluso cuando entre las políticas del gobierno chino se encuentra el Ahorro de energía y reducción de la contaminación (ESPR, por sus siglas en inglés) la cual brinda subsidios o reducciones de los impuestos si las empresas desean emprender prácticas productivas ecológicas (Zhu, Geng, Sarkis, & Lai, 2011)

Sin embargo, cabe resaltar que una de las leyes mas importantes fue *barreras verdes*, ya que buscó disminuir la explotación de los recursos no renovables y a su vez mejorar los procesos de transformación; especialmente por la creciente industrialización y dependencia del sector del carbón y energía, aumentando la necesidad urgente de implementar políticas y nuevas alternativas que permitan cambiar y mejorar los procesos de transformación de materiales (Su et al., 2013).

Por lo que se refiere a transformación, existe poca evidencia empírica de cambios en los procesos productivos en los que se evalué el desempeño sostenible de las empresas. Por esto, Choudhary, Nayak, Dora, Mishra, & Ghadge (2017) se proponen en este estudio la creación de un instrumento para evaluar el desempeño sostenible de las empresas y frente a esto implementar estrategias ecológicas adecuadas. Esta herramienta se conoce como *Mapeo de flujo de valor de integración verde* (GIVSM, por sus siglas en inglés) que a diferencia de la herramienta de *Mapeo de flujo de valor* (VSM) antes utilizada, tiene en cuenta no solo el tiempo de producción, sino también la eficiencia ambiental y el Lean & Green –sistema de producción que busca incrementar la eficiencia y sostenibilidad–. La herramienta GIVSM tiene en cuenta la huella de carbono del proceso de transformación de las materias primas, como el consumo de energía, los desechos, el consumo del agua y el transporte. Todos estos factores resultan en la medición de la huella de carbono como el producto entre la cantidad total utilizada en la actividad estudiada y el factor de emisión estándar (Choudhary et al., 2017, p. 9).

---

<sup>3</sup> Entre las leyes mas reconocidas están: la “Ley de Promoción de la Producción más Limpia” de 2003, la “Ley de Prevención de la Contaminación y Control de Residuos Sólidos enmendada” en 2005 y la “Ley de Promoción de la Economía Circular” en 2009 (Heshmati, 2017).

La herramienta GIVSM fue implementada para una pyme situada en Gran Bretaña especializada en la fabricación de empaques de todo tipo, desde envases retornables hasta cajas y tapas. Esta empresa aceptó ser parte de la implementación piloto de esta herramienta, principalmente por la constante petición de los clientes a la empresa de reducir el impacto ambiental en su proceso sin perjudicar el desempeño productivo.

En la implementación de la GIVSM se tuvo en cuenta los materiales, métodos productivos, maquinaria, administración y ambiente de trabajo, de los cuales se concluyó (en cuanto a transformación) que no se cuenta con un estándar de calidad establecido ni almacenamientos adecuados, de la misma manera los ciclos de producción toman mas tiempo del necesario debido a la cantidad de productos defectuosos.

Finalmente, al establecer en qué campos del proceso existían falencias, la herramienta GIVSM redujo la huella de carbono promedio anual un 49%, mediante la reinversión del ahorro en nueva planta y equipo con bajas emisiones y uso de carbono.

### 5.1.3 Distribuir

Como tercera fase se encuentra la distribución. Esta hace referencia al proceso mediante el cual se hace entrega de un producto o servicio. Es vital que las empresas realicen sus entregas de forma oportuna y eficiente, y a su vez que cuenten con bajo impacto ambiental. A continuación, se analizarán algunos estudios en los que se podrán evidenciar prácticas que pueden ser adoptadas por las pymes de Sabana Centro.

Inicialmente, Choudhary, Nayak, Dora, Mishra, & Ghadge (2017) estudiaron mediante el GIVSM el desempeño sostenible de una pyme en Gran Bretaña. Como se mencionó en la sección anterior, se tuvieron en cuenta algunos aspectos como la administración y ambiente de trabajo, de los que se concluyó que los tiempos de entrega de las materias primas eran elevados y costosos, generando una mayor duración de entrega del producto a los clientes y su vez incrementando la acumulación de inventarios.

Como se evidencia en los rubros de “Environment”, “Materials” y “Methods” (**Figura 1**), los grandes problemas de cada uno de estos se relacionan con el envío de productos de forma desorganizada, con largas distancias y sin procedimientos de envíos estandarizados, lo cual incrementa costos y genera gran contaminación. De lo cual, la solución más eficiente fue buscar nuevos proveedores locales y con cercanía geográfica, con el fin de disminuir los costos de transporte de materia prima y las emisiones de carbono y se estableció un modelo eficiente y organizado de envíos. Finalmente, al medir los tiempos de entrega una vez se corrigieron los problemas, el tiempo de entrega disminuyó un 63% y como se mencionó anteriormente la huella de carbono un 49%.

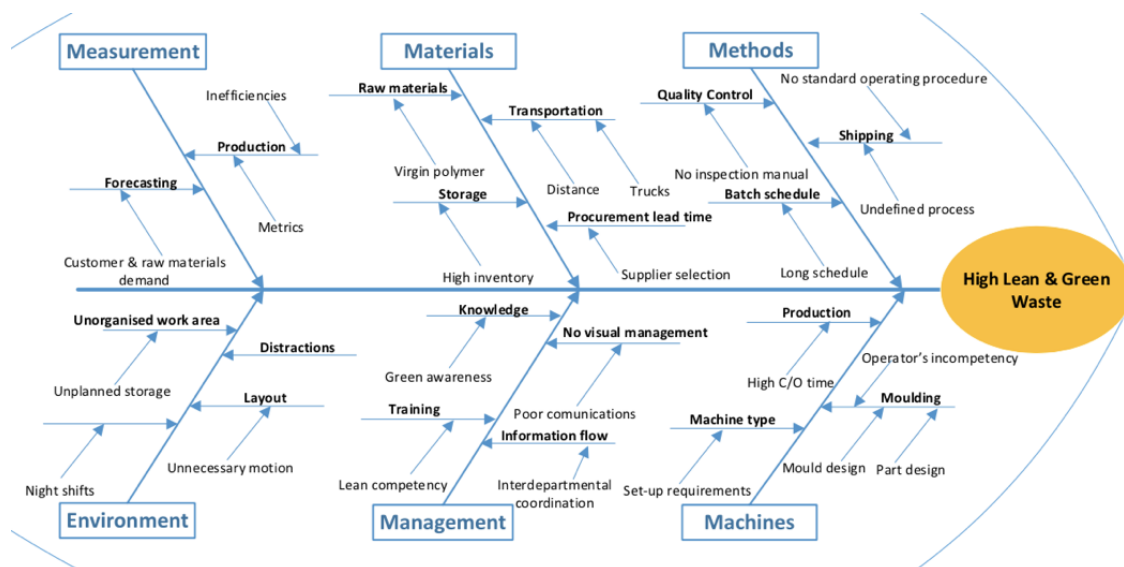


Figura 1. Análisis de Causa Raíz (RCA) de residuos Lean y Green

Nota: Recuperado de (Choudhary et al., 2017, p. 19)

Por otro lado, las TIC (Tecnologías de la información y la comunicación) también son parte fundamental en la optimización de procesos sostenible, ya que mediante su uso permite identificar nuevas relaciones simbióticas, de forma rápida y eco-eficiente. Una de las herramientas basada en las TIC, se conoce como SymbioSyS, y surge con el objetivo de que en ella se almacenen datos empíricos y teóricos para conectar a las empresas dependiendo de su industria y tipo de desechos. Adicionalmente, la herramienta ofrece un mapeo de las posibles empresas con las que se puede tener algún tipo de relación simbiótica, para facilitar el análisis de costos de transporte o para determinar las ubicaciones óptimas para nuevas instalaciones (Álvarez & Ruiz-Puente, 2017). Una vez SymbioSyS coteja la información suministrada, se analizan las clases de desechos y materiales que utiliza la empresa, entregando posibles relaciones simbióticas.

Para probar la efectividad de la herramienta, SymbioSyS fue utilizada en un grupo de 25 Pymes ubicadas en la zona industrial Mies de Molladar, ubicada en la región de Cantabria, España. De las empresas participantes, se eligió como ejemplo una de las compañías del sector automotriz; que una vez completó el formulario, fue posible identificar una relación simbiótica llamada *sinergia de reciprocidad*, la cual consiste en compartir el mismo servicio o instalación con otras empresas. Para esto, la herramienta también analizó los procesos productivos y localizó geográficamente la distancia entre las empresas y el tipo de servicio que podrían llegar a compartir a partir de la clasificación de los residuos que tienen en común.

En conclusión, la herramienta SymbioSyS incentivó al uso eficiente de los recursos y a la construcción de nuevas instalaciones para el uso común de empresas con los mismos procesos productivos. Esta herramienta tiene valor agregado al presentar geográficamente la viabilidad de las sinergias en las áreas e industrias con las que se pueden llegar a dar acuerdos de mutuo

beneficio, dando paso a una reducción de costes de transporte y maquinaria y mayor efectividad en la entrega del producto.

También en relación con las TIC, se desarrolló un proyecto que se basa en la *minería de alcantarillado*, la cual es una practica que extrae aguas residuales de las alcantarillas, las trata y finalmente suministra para cubrir la demanda de agua no potable (lavado de automóviles, riego de jardines, etc.). La relación de la minería con las TIC, se puede entender con mayor claridad con la aplicación piloto de extracción de alcantarillado en Atenas, Grecia. En este se integra dos subsistemas: una unidad de tratamiento empaquetada y una infraestructura de tecnología de la información y la comunicación (TIC); entre la segunda unidad, se desarrolló un modelo que permite identificar las ubicaciones optimas para el establecimiento de punto de extracción, esto permitirá escalar el cubrimiento de la minería por toda la ciudad (Makropoulos et al., 2018).

En consecuencia, la extracción de alcantarillado surge como alternativa para disminuir el desperdicio de agua no potable y ayudar –en parte– a aliviar la necesidad de agua de las zonas cuyos servicios hídricos son escasos. Se invitó al sector privado, en especial las pymes, a invertir en estas nuevas tecnologías que benefician los costos hídricos y de transporte.

#### **5.1.4 Usar**

La siguiente sección propone analizar los estudios empíricos relacionados con la eficiencia del producto y el impacto que genera el uso de este. Cada uno de los casos se identificó de acuerdo a los procesos de reutilización de los desechos o reparación del producto, creando alternativas que den la posibilidad de devolver el producto para que sea desensamblado o rentar los bienes de forma que cuando el producto llegue al final de su vida útil, este pueda ser retirado y sus partes sean reincorporadas en nuevos productos (Prieto-Sandoval et al., 2017).

Una de estas alternativas fueron puestas en practica en el estudio realizado por Su, Heshmati, Geng, & Yu (2013), en donde hacen énfasis en los tres principios de la EC, reducir, reusar y reciclar, los cuales mediante la difusión de información permiten que los consumidores reutilicen sus productos o las materias primas derivadas de estos, y por último, incorporen nuevamente a la cadena de producción gran parte de los desechos. Esta afirmación se respalda por el estudio realizado a nivel micro en los sectores de consumo y gestión de residuos; concluyendo que para los consumidores la medida mas eficaz fue la concientización de la protección del medio ambiente, y para la gestión de residuos fue el desarrollo de nuevos productos que al final de su vida útil puedan ser incluidos total o parcialmente en un producto nuevo. Este proceso que trae consigo grandes beneficios ambientales, como la conservación de recursos y la disminución de desechos y contaminación, es conocido como remanufactura.

Para medir el desempeño de las empresas de remanufactura, Fatimah & Aman (2018) desarrollaron los *Indicadores de sostenibilidad remanufacturera* (RSI, por sus siglas en ingles)

enfocados en las pymes remanufactureras de Indonesia, con el fin de que estas puedan medir su desempeño a nivel de sostenibilidad. Para asegurar que los indicadores fueran apropiados para esta industria, se tuvo en cuenta la interacción de la industria dentro de la misma y con externos. Así, cada empresa puede realizar un seguimiento de sus ventas, reclamos y productividad; lo que a su vez maximiza el rendimiento empresarial.

Como conclusión, el proceso de remanufactura es recomendado para aumentar la eficiencia en la utilización de recursos, disminuir el consumo energético y de desperdicios a través de la identificación del desempeño de cada empresa en cuanto a sostenibilidad. Conjuntamente, el uso de los indicadores antes mencionados fueron efectivos y podrían ser aplicados en otras pymes remanufactureras en países en vía de desarrollo (Fatimah & Aman, 2018). Adicionalmente, las pymes pueden invertir en maquinaria de bajo consumo energético, lo cual para la ciudad de Dalian, resultó en que “los incrementos de eficiencia energética fueron 21% y 27% con respecto al PIB y al valor agregado industrial respectivamente” (Su et al., 2013, p. 13). Como alternativa a la inversión privada, el gobierno de Dalian cubrió parte de las inversiones en nuevas tecnologías de desalinización<sup>4</sup>, para reemplazar en parte de los procesos productivos el uso de agua dulce, disminuyendo así el desperdicio de agua y potenciando el aprovechamiento de la cercanía de esta ciudad al mar (Geng et al., 2009).

### 5.1.5 Recuperar

Finalmente, el ultimo campo de implementación es la recuperación de los desechos, esta se puede realizar de dos formas: “como un recurso biológico que puede ser devuelto a la biosfera o como un recurso técnico que puede ser reincorporado a un proceso industrial” (2017, p. 6). Esta gestión de recursos ha tomado gran importancia en las industrias cuyos desechos contaminan de forma masiva por no contar con la maquinaria o los procesos correctos. Uno de estas es la industria de cuero, ya es el segundo producto mas exportado en el mundo, creando empleo y nuevas oportunidades de negocio.

Uno de los países exportadores es Bangladesh, en donde la implementación de prácticas eco-innovadoras ha aumentado principalmente por las regulaciones del gobierno, los beneficios económicos y la presión de clientes e inversionistas. Pero en la industria del cuero todavía no se han implementado estas prácticas. Este sector, conformado por 3500 pymes, tiene gran potencial para la implementación de la EC; principalmente en la producción sostenible, mediante la reutilización de productos y recuperación de desechos; debido a que en el proceso productivo del cuero, muchas pieles y productos químicos son desechados. (Moktadir et al., 2018). Teniendo en cuenta que en la fabricación sostenible los restos se deberían recuperar en la etapa inicial del

---

<sup>4</sup> La desalinización es usada para evaporar agua de mar y obtener agua potable. Hoy en día existen dos tipos principales de tecnologías de desalinización: la desalinización por membrana (RO) y la desalinización térmica (MED, MVC y MSF)

proceso, se desarrolló un modelo múltiples etapas; en el cual se identificaron los sub-conductores que pueden llegar a afectar a los promotores de las prácticas que involucran la EC.

En el mismo campo de recuperación, una empresa una empresa de repuestos para autos eléctricos y servicios automotrices de Olinda PE, Brasil, la sexta ciudad económica más importante del país, se sometió igualmente a un estudio de gestión y recuperación de desechos, con el fin de cambiar hacia las prácticas eco-eficientes como alternativa encaminada hacia una mayor producción con menor impacto ambiental. En el proceso productivo se efectuaron modificaciones que diera solución a la falencia en el tratamiento de purificación de las aguas no-potables y a la falta de separación de los desechos. Principalmente, porque conllevaba a que el consumo de electricidad fuese elevado, y el aprovechamiento de la recuperación de algún tipo de desecho fuera escaso. (Alves & Dumke de Medeiros, 2015)

Por ultimo, la empresa automotriz fue evaluada a través del indicador de consumo de agua tras las reparaciones de fugas, nuevas piezas de lavamanos, piezas de dosificación del agua y recolección de aguas lluvias, adicionalmente se realizó la clasificación de agua y desechos de aceite que fueron entregados a otras empresas para su reutilización. Esto generó que la colección selectiva de desechos fuera implementada tanto por clientes como otras empresas locales, representando un aumento de la productividad y el bienestar de los trabajadores.

De estos estudios se puede concluir que el conocimiento y difusión de información sobre la economía circular es el mayor impulsor para implementar la fabricación sostenible; el conocimiento del cliente, liderazgo y el compromiso de la alta dirección influyen sobre las empresas a gran escala (Moktadir et al., 2018), y la implementación de estrategias eco-eficientes influyen en gran medida en la reducción de costos de producción (Alves & Dumke de Medeiros, 2015).

## **5.2 Estudios sobre economía circular en Latinoamérica**

Esta ultima sección no hace parte de los campos de implementación del flujo de la economía circular; sin embargo, al evidenciar la carencia de información científica en cuanto a economía circular en países en desarrollo. Es prudente resaltar uno de los trabajos que mas se asemejan a la economía colombiana.

Por un lado, la eco-eficiencia de las pymes de Venezuela fue estudiada mediante un indicador que integra los tres aspectos de sostenibilidad, y la metodología de análisis de valor <sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> El analisis de valor es un enfoque organizado y creativo que utiliza un proceso de diseño funcional y económico cuyo objetivo es al aumentar el valor de un sujeto.

(VA) y la gestión de valor <sup>6</sup> (VM) de las que se concluyó que el reducir costos no siempre se traduce en valor agregado de un producto o servicio (Henriques & Catarino, 2015).

Para respaldar estas afirmaciones, fueron desarrollados dos proyectos (AVORIS y DEUSA) que involucraron 12 empresas en total. Por un lado, AVORIS contó con la participación de 5 empresas de la región de Torres Vedras, especializadas en mecánica de metales, plásticos y detergentes. Los resultados un año después del VA fueron nuevos procesos y productos que permitieron el crecimiento de la fuerza laboral.

Por otro lado, en el proyecto DEUSA participaron 7 pymes de Aveiro, Portugal. Este proyecto desarrollado durante un año adoptó las TIC, mediante la adaptación de plataformas “Learning Management System (LMS)” en las que se brindó aprendizaje a distancia a las empresas, permitiendo identificar los problemas y cuantificar los costos que estos generaban, tal fue la eficiencia que se extendió por dos años mas.

Como consecuencia, el consumo de agua de las empresas se redujo en promedio un 35% y la reducción de emisiones contaminantes al aire fue de 14,7% (Henriques & Catarino, 2015).

## 6 Análisis descriptivo

Teniendo en cuenta la metodología de búsqueda explicada al inicio de este trabajo, fueron encontradas en total 100 publicaciones, de las cuales la mas antigua corresponde al año 2000 y la mas reciente al año 2019 (**Figura 2**). Como se puede apreciar, con el paso de los años el incremento de artículos científicos publicados es notorio, especialmente entre el año 2016 y 2017, esto refleja la reciente preocupación por parte de los países e investigadores en cuanto a perfeccionamiento de procesos ecológicos que cumplan con los parámetros establecidos de desarrollo sostenible.

En cuanto a temas de investigación o palabras claves afines con economía circular, se encontró gran relación con temas como la sostenibilidad, ecología industrial, gestión de residuos y reciclaje (**Figura 3**). Así mismo, dentro de los casos de estudios se encontró que en su mayoría estos habían sido realizados en ciudades de china, cuya industrialización representa un porcentaje elevado de la contaminación total de dicho país (Geng et al., 2009).

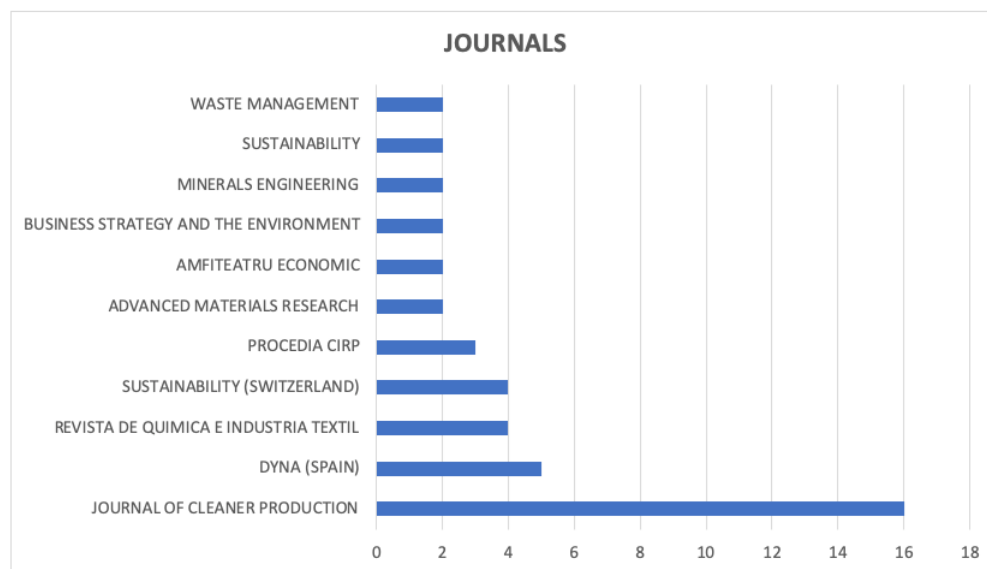
---

<sup>6</sup> La gestion de valor es la relación entre la satisfacción de las necesidades y los recursos utilizados para lograr esa satisfacción.









*Figura 4. Revistas más importantes que publican sobre economía circular*

Por ultimo, el análisis de bibliografía permitió identificar los autores mas publicados y cuyos trabajos fueron usados para el desarrollo de nuevas investigaciones (**Tabla 1**). Se organizaron por el numero de artículos presentes dentro de las 100 publicaciones resultantes de la búsqueda y adicionalmente, las citaciones en las bases Web of Science y Scopus. De esta manera, Geng, Heshmati y Zhu, son los autores cuyas publicaciones cobran mas importancia en la investigación sobre EC.

Tabla 1

*Autores más importantes relacionados con la economía circular*

<b>Autores</b>	<b>Articulos</b>	<b>Citaciones en WOS/Scopus</b>
Geng, Y	5	905
Heshmati, A	2	419
Zhu, QH	3	278
Prieto Sandoval, V	2	16
Jaca, C	2	16
Ormazabal, M	2	16
Lundstrom, M	2	8

## 6.1 Base de datos

Con todos los documentos recopilados se creó una base de datos, la cual contiene los siguientes campos: code author(s), title, year, source title, volumen, issue, page start, page end, times cite, abstract, authors keywords, document type, research date y source.

CODE	AUTHOR(S)	TITLE	YEAR	SOURCE TITLE	VOLUME	ISSUE	PAGE START	PAGE END	TIMES CITED	ABSTRACT	AUTHORS KEYWORDS	DOCUMENT TYPE	RESEARCH DATE	SOURCE
A1	Avramis E; Klontzina L; O'Brien R; Turkmen F	Urban mining of precious metals via oxidizing copper smelting	2019	MINERALS ENGINEERING	133	N/A	95	102	N/A	Recovery of precious metals from end-of-life electronics is a key factor for sustainable and efficient raw material usage. Simultaneously with the depletion of natural ore resources, the urban mines are storing increasing amounts of valuable and, more importantly, rare metals. To fulfill the targets of sustainability and move towards circular economy, the liberation of these valuables from wastes back to production and use needs to be improved. This study investigates the recoveries and behavior of gold, silver, palladium and platinum in copper smelting conditions at 1500 °C and pO <sub>2</sub> = 10 <sup>-5</sup> -10 <sup>-7</sup> atm. The investigated system includes a copper slag with three different type of slags in silica saturation: pure iron silicate, iron silicate with 10 wt% alumina and iron silicate with 10 wt% alumina and 5 wt% lime, providing information on the influence of alumina and lime on precious metal recovery possibilities. A highly advanced equilibration-quenching technique, followed by EPMA and sensitive LA-ICP-MS analysis, has been adapted to execute the experiments. Results show that gold, platinum and palladium are recovered very efficiently in copper, as their distribution coefficients between copper and slag, D <sub>CuFe</sub> , were greater than 100 under every experimental condition studied and with 10 wt% alumina-saturated slags, distribution of 100-600 times were observed. The transition from a linear to Circular Economy has become a societal challenge to be tackled. However, the increasing complexity of materials and products increases also the sophistication of the circular economy systems required to deal with them. These systems are very resource consuming, therefore, a rigorous evaluation of the impact of every "actor" in circular economy must be done at design and operation stages to ensure the sustainability of the metal-production value chain. A circular economy system implies, among others, low consumption of energy and material resources and low production of wastes or pollutant emissions. Its sustainability cannot therefore be evaluated just with one indicator. In this paper, we integrate indicators such as recovery rates, environmental impact indicators, as well as the quantities and qualities of the flows, losses and emissions, quantified through energy. These must all be considered and evaluated simultaneously to perform a rigorous	Black copper; LA-ICP-MS; Recycling; Sustainability; Trace elements	Article	9/02/2019	SCOPUS
A2	Abadías Llano A; Valero Delgado A; Valero Capilla A; Torres Cuadra C; Holgado M; Pelloncioli M	Simulation-based energy, thermo-economic and environmental footprint analysis of primary copper	2019	MINERALS ENGINEERING	131	N/A	51	65	1	The transition from a linear to Circular Economy has become a societal challenge to be tackled. However, the increasing complexity of materials and products increases also the sophistication of the circular economy systems required to deal with them. These systems are very resource consuming, therefore, a rigorous evaluation of the impact of every "actor" in circular economy must be done at design and operation stages to ensure the sustainability of the metal-production value chain. A circular economy system implies, among others, low consumption of energy and material resources and low production of wastes or pollutant emissions. Its sustainability cannot therefore be evaluated just with one indicator. In this paper, we integrate indicators such as recovery rates, environmental impact indicators, as well as the quantities and qualities of the flows, losses and emissions, quantified through energy. These must all be considered and evaluated simultaneously to perform a rigorous	Circular economy; Copper production; Energy; Life Cycle Assessment (LCA); Metallurgical process simulation	Article	9/02/2019	SCOPUS

Figura 5: Base de datos construida para el proyecto.

## 7 Conclusiones

La presente revisión de bibliografía he permitido identificar posibles áreas y procesos eco-eficientes que pueden ser implementadas en diversas pymes de Sabana Centro, dentro de los cuales se encuentran, la difusión de información y concientización del cliente y altos mandos de las empresas, el establecimiento de políticas, inversiones y subsidios que alienten a las empresas a cambiar su modelo lineal de producción, el aprovechamiento del avance de la tecnología en el desarrollo de herramientas que permitan trascender las barreras de la distancia física y así poder generar relaciones industriales creadas tanto dentro como fuera de los parques industriales.

De igual modo, es importante que cada empresa e industria haga uso de los diversos indicadores de eficiencia y sostenibilidad para poder identificar en qué fases del proceso de producción existen posibilidades de mejora en cuanto a extraer, transformar, distribuir, usar y/o recuperar los productos al final de su vida útil.

Finalmente, los estudios futuros deberán centrarse en países en vía de desarrollo, debido a la escasez de información, especialmente en pequeñas y medianas empresas en donde los costos son elevados cuando se quiere cambiar parte del modelo productivo.

## 8 Referencias bibliográficas

- Álvarez, R., & Ruiz-Puente, C. (2017). Development of the Tool SymbioSyS to Support the Transition Towards a Circular Economy Based on Industrial Symbiosis Strategies. *Waste and Biomass Valorization*, 8(5), 1521–1530. <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9748-1>
- Alves, J. L. S., & Dumke de Medeiros, D. (2015). Eco-efficiency in micro-enterprises and small firms: a case study in the automotive services sector. *Journal of Cleaner Production*, 108, 595–602. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.063>
- Asamblea General de las Naciones Unidas. (s/f). Desarrollo sostenible. Recuperado el 5 de mayo de 2019, de <https://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml>
- Banco Mundial. (2018, septiembre 20). Informe del Banco Mundial: Los desechos a nivel mundial crecerán un 70 % para 2050, a menos que se adopten medidas urgentes. Recuperado el 5 de mayo de 2019, de World Bank website: <http://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/09/20/global-waste-to-grow-by-70-percent-by-2050-unless-urgent-action-is-taken-world-bank-report>
- Chertow, M. R. (2000). Industrial Symbiosis: Literature and Taxonomy. *Annual Review of Energy and the Environment*, 25(1), 313–337. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.25.1.313>
- Choudhary, S., Nayak, R., Dora, M., Mishra, N., & Ghadge, A. (2017). An integrated lean and green approach for improving sustainability performance: A case study of a packaging manufacturing SME in the UK. *Production Planning and Control*, 31.
- Ellen MacArthur Foundation. (2011, agosto 28). Re-thinking Progress: The Circular Economy. Recuperado el 20 de abril de 2019, de <https://www.youtube.com/watch?v=zCRKvDyyHmI>
- Fatimah, Y. A., & Aman, M. (2018). Remanufacturing sustainability indicators: An Indonesian small and medium enterprise case study. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 403, 012055. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/403/1/012055>
- Frone, D. F., & Frone, S. (2017). Circular economy in romania: an industrial synergy in the agri-food sector. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 17(2), 9.
- Geng, Y., Zhu, Q., Doberstein, B., & Fujita, T. (2009). Implementing China's circular economy concept at the regional level: A review of progress in Dalian, China. *Waste Management*, 29(2), 996–1002. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.06.036>
- Gulseven, O., & Mostert, J. (2017). Application of Circular Economy for Sustainable Resource Management in Kuwait. *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development (IJSESD)*, 8(3), 87-99.
- Han, F., Yu, F., & Cui, Z. (2016). Industrial metabolism of copper and sulfur in a copper-specific eco-industrial park in China. *Journal of Cleaner Production*, 133, 459–466. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.184>

- Henriques, J., & Catarino, J. (2015). Sustainable Value and Cleaner Production – research and application in 19 Portuguese SME. *Journal of Cleaner Production*, 96, 379–386. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.02.030>
- Heshmati, A. (2017). A Review of the Circular Economy and Its Implementation. *International Journal of Green Economics*, 11(3–4), 251–288.
- Makropoulos, C., Rozos, E., Tsoukalas, I., Plevri, A., Karakatsanis, G., Karagiannidis, L., Lytras, E. (2018). Sewer-mining: A water reuse option supporting circular economy, public service provision and entrepreneurship. *Journal of Environmental Management*, 216, 285–298. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.07.026>
- Moktadir, M. A., Rahman, T., Rahman, M. H., Ali, S. M., & Paul, S. K. (2018). Drivers to sustainable manufacturing practices and circular economy: A perspective of leather industries in Bangladesh. *Journal of Cleaner Production*, 174, 1366–1380. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.063>
- Muduli, K., Govindan, K., Barve, A., & Geng, Y. (2013). Barriers to green supply chain management in Indian mining industries: a graph theoretic approach. *Journal of Cleaner Production*, 47, 335–344. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.10.030>
- Prieto-Sandoval, V., Jaca, C., & Ormazabal, M. (2017). *Economía Circular: Relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación*. 11.
- Su, B., Heshmati, A., Geng, Y., & Yu, X. (2013). A review of the circular economy in China: moving from rhetoric to implementation. *Journal of Cleaner Production*, 42, 215–227. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.020>
- Zhu, Q., Geng, Y., Sarkis, J., & Lai, K. (2011). Evaluating green supply chain management among Chinese manufacturers from the ecological modernization perspective. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 47(6), 808–821. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2010.09.013>